

# Conclusiones derivadas del estudio sobre el potencial del cultivo de mejillón *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 en Andalucía

C. Tirado<sup>1</sup>, J. C. Macías<sup>1</sup>, R. M. Villarías<sup>2</sup>, J. M. Gaiteiro<sup>2</sup>, D. Gómez<sup>1</sup>, M. J. Martín<sup>1</sup>, J. L. Rueda<sup>1</sup>, C. Álamo<sup>1</sup>, M. Manchado<sup>1</sup> y C. Infante<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Subdirección de Servicios Pesqueros. Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero, S.A. Avda. Reino Unido, edif. Adytec, 4.ª planta. E-41012 Sevilla, España. Correo electrónico: jcmacias@dap.es

<sup>2</sup> Dirección General de Pesca y Acuicultura. Consejería de Agricultura y Pesca. Tabladilla, s/n. E-41071 Sevilla, España.

Recibido en octubre de 2005. Aceptado en noviembre de 2005.

## RESUMEN

Debido al incipiente interés despertado en el litoral de Andalucía por el cultivo de mejillón *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, surge la necesidad de conocer, identificar y establecer los principales aspectos y criterios a tener en cuenta para el desarrollo ordenado de esta actividad, respetando la disponibilidad de recursos y la protección del medio ambiente. El objetivo de este estudio es, por tanto, conocer los aspectos generales del cultivo de mejillón y estimar la viabilidad del mismo en el litoral andaluz.

**Palabras clave:** Identificación genética, semilla, índices de condición, épocas de puesta, seguimiento de cultivo, control sanitario.

## ABSTRACT

*Studies on the potential of mussel Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819 farming in Andalusia*

Due to growing interest on the Andalusian shore in the culture of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, it is important to identify and establish the main determining factors and criteria to take into account to obtain a positive and well-ordered development of this activity. The entire process needs to respect the availability of natural resources, and environmental protection.

**Keywords:** Genetic identification, seed, condition index, spawning period, culture monitoring, biotoxins.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la acuicultura marina en Andalucía viene experimentando un importante desarrollo como actividad productiva que utiliza el litoral como soporte espacial. La evolución protagonizada desde 1990 hasta 2004, en la que se ha pasado de 768 t a más de 7 415 t en fase de engorde, evidencia el crecimiento de esta activi-

dad y la importancia que adquiere en esta región. La producción de moluscos en 2004 alcanzó 878 t, de las que el 82,76 % corresponde a mejillón *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, seguido de la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) con el 8,7 %.

En este contexto de crecimiento de la actividad acuícola a escala nacional y autonómica, en los últimos años se ha detectado un elevado inte-

rés por el cultivo de mejillón en Andalucía, produciéndose una gran demanda de solicitudes de autorización para esta actividad. Ante esta situación, la Dirección General de Pesca y Acuicultura de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía encargó en 2002 a la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero la elaboración de un informe previo sobre aspectos socioeconómicos relacionados con este cultivo. A partir de este informe se identificaron los aspectos propios de la actividad sobre los que habría que profundizar y que aportarían a la mencionada Dirección General datos para una ordenación del sector. Así, durante 2003 y 2004 se desarrolló este estudio en el que se analizaron los siguientes aspectos: identificación taxonómica clara de la especie a cultivar, disponibilidad de semilla en roca, seguimiento de las dos instalaciones de cultivo que actualmente se dedican a esta labor en nuestro litoral (incidencia de los cultivos en el medio por su efecto en distintas variables y parámetros ambientales y en la fauna, tiempo necesario para alcanzar la talla comercial, índices de condición, ciclo reproductor, posibles patologías e incidencia de episodios tóxicos en las mismas) y comparación de los índices de condición y del ciclo reproductor de poblaciones salvajes de mejillón procedentes de distintos puntos del litoral andaluz.

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En este artículo se realiza una presentación del trabajo realizado, sin entrar en la exposición de los resultados pormenorizados, y se recogen las conclusiones que se derivan de cada uno de los aspectos considerados.

### Estudio genético

A la hora de autorizar un cultivo es necesario establecer con claridad la especie a cultivar. El mejillón cultivado en Galicia fue considerado tradicionalmente como *Mytilus edulis* L., 1758; sin embargo, estudios basados en la morfología del espermatozoide (Crespo *et al.*, 1990), en diferencias genéticas en *loci* alocínicos (Sanjuán *et al.*, 1990; Sanjuán, Comesaña y De Carlos,

1996) y en el cariotipo (Martínez-Lage *et al.*, 1992) han llevado a su identificación como *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819.

Con el fin de comprobar si estos datos se extienden a otras poblaciones de mejillón andaluz e identificar si existen caracteres poblacionales diferenciadores en todo el litoral de la región, y con respecto a mejillones cultivados en Galicia y en el delta del Ebro, se han caracterizado genéticamente 23 poblaciones de mejillones (420 ejemplares en total). Estos ejemplares proceden principalmente de asentamientos naturales, la mayoría recolectados durante los muestreos de localización de semilla, intensificándose los muestreos en las zonas próximas a las instalaciones de cultivo. Asimismo, se incluyeron en el estudio ejemplares procedentes de cultivos de Galicia y delta del Ebro como controles externos.

Las secuencias de nucleótidos obtenidas se analizaron usando los programas Sequencing Analysis v3.4.1 (Applied Biosystems) y Seqman v5.05 (DNASTAR). Las variables de diversidad haplotípica (Hd) (Nei, 1987) y diversidad de nucleótidos ( $\pi$ ) (Nei y Tajima, 1983), así como el resto de variables de polimorfismo de ADN presentados, se estimaron usando el programa DNAsp v3.99 (Rozas y Rozas, 1999).

El análisis de la varianza molecular amova se llevó a cabo usando el programa Arlequin v2.0. Para la diferenciación entre poblaciones se llevaron a cabo tests de probabilidad basados en frecuencias haplotípicas descritos por Raymond y Rousset (1995); se calcularon los valores del estadístico Fst descrito por Wright basados en las frecuencias haplotípicas y en las distancias genéticas de Tamura-Nei (Tamura y Nei, 1993) observadas dentro de cada población. Por último, se calcularon los valores del estadístico Snn (Hudson, 2000) con las secuencias de ADN de los haplotipos presentes en cada población. Para determinar si los valores observados de los estadísticos eran significativos, se llevaron a cabo tests basados en un método de permutaciones, aplicándose las correspondientes correcciones secuenciales de Bonferroni (Rice, 1989).

De los resultados que se han obtenido se pueden extraer las siguientes conclusiones.

- El análisis de la región de control mitocondrial de tipo F permite determinar la exis-

tencia de un cierto grado de diferenciación en la estructura genética de las poblaciones analizadas y de un alto grado con respecto al mitocondrial de tipo M.

- La población de Rota presenta características genéticas claramente distintivas frente a la mayor parte de las demás poblaciones con respecto al estadístico Snn.
- Las poblaciones de Algeciras y Sotogrande, muestran características propias diferenciadoras según el análisis del mitocondrial de tipo M. Por tanto, es muy importante tener en cuenta el posible impacto debido a la implantación de cultivos con semilla de mejillón de otras áreas geográficas. Por ello, sería recomendable la realización de seguimientos periódicos que permitieran evaluar el impacto sobre las características genéticas de ambas poblaciones.
- En general, el resto de las poblaciones andaluzas de mejillones que se han analizado no muestran diferencias significativas entre ellas, y tampoco con respecto a la de Galicia usada como control externo. Por tanto, la implantación de cultivos en aguas andaluzas con semilla procedente de Galicia, según los datos presentados en este trabajo, no alteraría la composición genética de estas poblaciones nativas, con las excepciones anteriormente mencionadas.

### Localización geográfica de semilla en roca

Un aspecto de gran importancia para el desarrollo del cultivo de mejillón en cualquier zona es la obtención de la semilla, que se puede llevar a cabo mediante colectores o bien recolectándola de sustratos rocosos. En relación con la extracción de semilla en el medio natural, en Andalucía no existe normativa al respecto, tratándose de una actividad típicamente marisquera, paralela a la acuicultura, cuya gestión debe ser regulada por la autoridad competente en materia de pesca, marisqueo y acuicultura.

Con el fin de proporcionar datos a las autoridades competentes que permitan adoptar una postura acerca de la extracción de semilla de sustrato duro, se diseñó una campaña de muestreo a lo largo de todo el litoral andaluz (1 101 km).

Se trata de un estudio preliminar cuyos resultados no son concluyentes, pero que proporciona información acerca de aquellos puntos de mayor interés y sobre los cuales sería conveniente recabar más información mediante una nueva campaña de muestreo con un mayor número de réplicas y una frecuencia mensual, al menos durante un año completo.

En cada una de las provincias costeras se realizó un listado de los puertos y las playas con rocas en la zona intermareal, determinándose 157 puntos de muestreo. Los muestreos se realizaron entre principios de mayo y mediados de junio de 2003. Se utilizó una cuadrícula de 20 centímetros de lado y se obtuvieron un mínimo de dos réplicas por zona.

En el laboratorio se procedía a pesar la muestra e identificar y cuantificar las tres especies de la familia Mytilidae más abundantes en nuestras costas –*M. galloprovincialis*, *Mytilaster minimus* (Poli, 1795), cuyos ejemplares adultos no superan los 3 cm, y *Perna picta* (Born, 1780)–. Se ha tenido especial cuidado en la detección de posibles especies de moluscos con algún grado de protección. Los ejemplares de *M. galloprovincialis* eran, a su vez, clasificados por tallas: menores de 0,5 cm, 0,5-1 cm, 1-1,5 cm, 1,5-2 cm, 2-2,5 cm, 2,5-3 cm y mayores de 3 cm.

Con los datos obtenidos se calculó la densidad de semilla de *Mytilus galloprovincialis* por cm<sup>2</sup>, el porcentaje que alcanzaba cada una de las especies-problema y la representación de ejemplares menores de 1 cm y se realizó una clasificación de las zonas teniendo en cuenta estos factores y los proporcionados por la etapa de muestreo.

Los datos pormenorizados se presentaron en forma de fichas y fueron transferidos a una cartografía empleando, para ello, el SIG. Dado el elevado número de zonas analizadas, el valor meramente indicativo de los resultados y el carácter de esta obra, la exposición detallada de los mismos sería muy extensa, por lo que remitimos al informe técnico elaborado (Tirado *et al.*, inédito).

De las 157 zonas seleccionadas, solo se ha detectado mejillón en el 37,82 % de ellas. Los datos obtenidos han revelado que la zona comprendida entre Motril (Granada) y la Ensenada de Getares (Cádiz) es la que presenta un continuo en la presencia de semilla en nuestro litoral.

En las restantes zonas costeras, esta presencia queda relegada a pequeños puntos del poniente almeriense y al cabo de Gata y, de igual forma, a dos puntos en la provincia de Huelva, uno de los cuales es el puerto de la capital onubense.

La presencia de semilla es más frecuente en la costa malagueña, habiéndose detectado en el 90,91 % de las zonas muestreadas de esta provincia, seguida de Granada, en la que se encontró semilla en 12 de las 25 zonas analizadas, mientras que las costas gaditanas y onubenses presentan porcentajes de presencia de semilla en algo más del 18 % y del 12 % de los puntos muestreados respectivamente, que en el caso de Cádiz queda relegado a la parte mediterránea de su litoral (desde Getares al límite con Málaga). Almería, la provincia cuya costa ofrece más zonas de posible fijación de larvas, tan solo presenta semilla en el 17 % de las zonas muestreadas.

La clasificación obtenida para cada una de estas zonas indica que solo en Málaga la representación de los puntos considerados como malos es inferior a los que agrupan al conjunto de excelente, buenos y escasos. Además, las zonas catalogadas como malas se encuentran próximas al límite inferior establecido para la inclusión como escasa (tabla I).

La zona del faro de Calaburras (Málaga) es considerada como excelente. La muestra analizada está constituida por mejillones pequeños de color negro brillante, sin que se haya detectado ningún ejemplar ni de *M. minimus* ni de *P. picta*. El 69,37 % de la semilla de mejillón no supera el centímetro, y la densidad asciende a 5,40 *Mytilus*/cm<sup>2</sup>.

En contraposición, la cala de Punta Negra en Almería es la que ha rendido peores resultados, con el 75 % de la muestra compuesta por ejemplares de *M. minimus* y una densidad de 0,27 *Mytilus*/cm<sup>2</sup>.

Cabe también reseñar la presencia de dos zonas que merecen especial atención ambiental: punta Baja (cabo de Gata), en el análisis de cuyas muestras ha aparecido *Litophaga litophaga* (L., 1758), especie de bivalvo protegido, y Cabopino (Málaga), en la que habita la especie de gasterópodo en peligro de extinción *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791), si bien no ha sido detectada en las muestras analizadas.

## Seguimiento de poblaciones

Las distintas condiciones ambientales inciden, entre otros, en aspectos biológicos tales como los ciclos reproductores y el crecimiento. La extensión del litoral andaluz, y las distintas características ambientales que se registran, llevaron a realizar un planteamiento de estudio que tuviera en cuenta estos condicionantes. Se analizaron para ello muestras de cuatro zonas de nuestras costas: dos correspondientes a sendas empresas dedicadas al cultivo en Andalucía y dos de empresas de cultivo de peces en los que de manera natural se fija una población salvaje de mejillón. En éstas últimas, el estudio se ha centrado en aspectos de la biología de la especie, mientras que en las empresas miticulatoras se han abordado, además, aspectos ambientales.

## Seguimiento ambiental de instalaciones

El cultivo de mejillón en Andalucía se desarrolla en la actualidad en dos instalaciones localizadas en Marbella (autorizada en diciembre de 2000) y en La Línea de la Concepción (autorizada en julio de 2002). Los sistemas de cultivo en ambas instalaciones son distintos: líneas de cultivo en la empresa ubicada en Málaga y bateas en la localizada en las costas gaditanas.

Los muestreos se iniciaron en la primavera de 2003 y finalizaron en la primavera de 2004, se efectuaron a bordo de los barcos de las empresas colaboradoras y tuvieron periodicidad mensual. En ambas instalaciones se marcaron dos cuerdas de control, situadas en una zona más próxima al límite exterior del polígono más cercano a la costa y otra perteneciente a una cuerda de cultivo o a una batea en el centro del polígono. En las proximidades de las cuerdas de control, se midió la temperatura y el pH y se tomó agua para la determinación de clorofila *a* y sólidos en suspensión. Paralelamente se tomó una muestra de sedimento para la cuantificación del porcentaje de materia orgánica en el mismo. Trimestralmente se procedió a un muestreo de fauna bentónica y pelágica en el polígono y en zonas próximas.

Tabla I. Clasificación de las zonas muestreadas para el estudio de semilla de mejillón. (N): número de zonas muestreadas en cada provincia en las que se ha detectado mejillón. (% *M. minimus* y % *P. picta*): número de zonas en cada provincia en las que aparecen estas especies.

	N	% <i>M. minimus</i>	% <i>P. picta</i>	Excelente	Buena	Escasa	Mala
Málaga	30	26	13	1	3	12	14
Cádiz	5	5	0	0	0	2	3
Huelva	2	2	2	0	0	0	2
Granada	12	12	8	0	0	1	11
Almería	10	5	3	0	0	0	10

Se ha caracterizado la composición y estructura de la comunidad: riqueza específica, dominancia, frecuencia, abundancia total, índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Krebs, 1989) e índice de equitatividad o equirrepartición (Pielou, 1969).

Con los datos cualitativos (presencia-ausencia) y cuantitativos (abundancia) se ha analizado la similitud-disimilitud de las muestras por métodos multivariantes, calculando el índice de similitud de Bray-Curtis (Clarke, 1993) y realizando posteriormente un análisis multidimensional no métrico (MDS). Las significaciones estadísticas de las agrupaciones obtenidas fueron realizadas con el análisis de similitud anosim. Tanto el análisis multivariante, como su significación, se han realizado con el paquete informático Primer.

Los resultados hallados no muestran una variación que pueda relacionarse con la actividad que se está desarrollando, ni tan solo aquellos cuya evolución podría indicarlo de forma más evidente (sólidos en suspensión o contenido en materia orgánica).

En relación con la fauna bentónica, las muestras en Marbella se agrupan según procedencia, es decir: son más similares entre sí las muestras del interior y, por otro lado, las del exterior; esto podría guardar relación con el distinto tipo de sedimento que hay en ambas zonas, ya que la instalación de cultivo se sitúa sobre una zona que tradicionalmente fue un cargadero de mineral y posteriormente punto de salida de un emisario que durante más de veinte años ha vertido aguas sin depurar. La especie más abundante en abril, tanto en la zona situada en el interior del polígono como en el exterior, es *Chamelea striatula* (Da Costa, 1778); *Venerupis romboidea* (Pennant, 1777) lo es en las muestras exteriores estival e invernol, *Anomia ephippium* L., 1758 en la interior de verano y *Nassarius incrassatus* (Ström, 1768) en la muestra interior de diciembre.

Las muestras procedentes de La Línea de la Concepción se agrupan estacionalmente. Mientras *Glycymeris violaceus* (Lamarck, 1819) es la más abundante en la muestra de abril de 2003 de la zona exterior, en la del año siguiente, las más representadas son *C. striatula* y *Spisula subtruncata* (Da Costa, 1778). Las muestras del interior son menos diversas y numerosas, siendo la especie más abundante en la primavera de 2003 el gasterópodo *Cancellaria similis* Sowerby, 1833, mientras que este lugar es ocupado por el bivalvo *S. subtruncata* al año siguiente.

Los datos aquí presentados no parecen indicar que se estén produciendo variaciones ambientales ni faunísticas en el medio como consecuencia de la actividad de estas empresas; sin embargo, el hecho de ser una actividad de reciente implantación en nuestro litoral, tratarse de instalaciones situadas en mar abierto en zonas de fuertes corrientes y que el seguimiento se ha realizado durante pocos meses, hace que deban ser tomados con mucha cautela y evaluados durante más tiempo y de forma escalonada a medida que se concedan autorizaciones a otras empresas.

### Índices de condición y ciclo gametogénico

De manera general, el crecimiento y la reproducción de los bivalvos guarda relación con las condiciones ambientales (Seed, 1976; Suchanek, 1985; Seed y Suchanek, 1992; Lowe, Moore y Bayne, 1982; Pérez Camacho, Labarta y Beiras, 1995).

Los índices de condición en acuicultura pueden aportar conocimiento en la consecución de dos propósitos. El primero es un fin económico, en el que el índice es un referente de la calidad comercial del producto. El segundo es un fin

ecofisiológico, en el que el índice se emplea para caracterizar el aparente grado de salud del cultivo, al englobar la actividad fisiológica de los animales (crecimiento, reproducción, secreción, etc.) bajo determinadas condiciones ambientales (Lucas y Beninger, 1985).

Con estos antecedentes, y con el objetivo de obtener datos sobre la biología de la especie, en ambas instalaciones se eligieron cuerdas de control situadas en distintos puntos y se capturaron muestras en los extremos de las cuerdas de control.

Paralelamente, y con la finalidad de comprobar si se producen variaciones en el ciclo dependiendo de la procedencia de la muestra, se han analizado poblaciones silvestres de mejillones procedentes dos puntos de la región surmediterránea (Carboneras y Salobreña).

Los distintos índices de condición calculados mostraron, en general, los descensos más importantes al principio de la primavera, los valores más bajos en verano, con distintas oscilaciones, y recuperaciones a partir del otoño. No se detectaron diferencias significativas en función de la procedencia de la muestra en el polígono de cultivo. Sí se observaron variaciones interanuales.

El contenido en carne es otra medida fundamental del valor comercial de los ejemplares. Su cálculo se ha realizado de acuerdo a la expresión

$$\text{Rendimiento en carne (\%)} = \frac{\text{peso húmedo de la vianda}}{\text{peso vivo}} \times 100$$

De acuerdo con la figura 1, a excepción de la población de Carboneras, el rendimiento en carne supera el 30 %. Así, destaca la población natural de Salobreña, cuyo rendimiento medio en carne para el ciclo se sitúa en el 37 %, con el valor máximo en julio (55,94 %) y el mínimo (27,21 %) en enero. En segundo lugar se sitúa la muestra procedente de cultivo en bateas, con un valor medio de 35,18 %, destacando el elevado dato registrado en enero de 2004, con un contenido en carne superior al 55 %. Rendimientos medios algo inferiores son los hallados para las muestras procedentes del cultivo en líneas (35,09 % y 32,59 %).

Con el objetivo de desentrañar a qué proceso fisiológico responden las oscilaciones de los índices de condición, se ha realizado el estudio

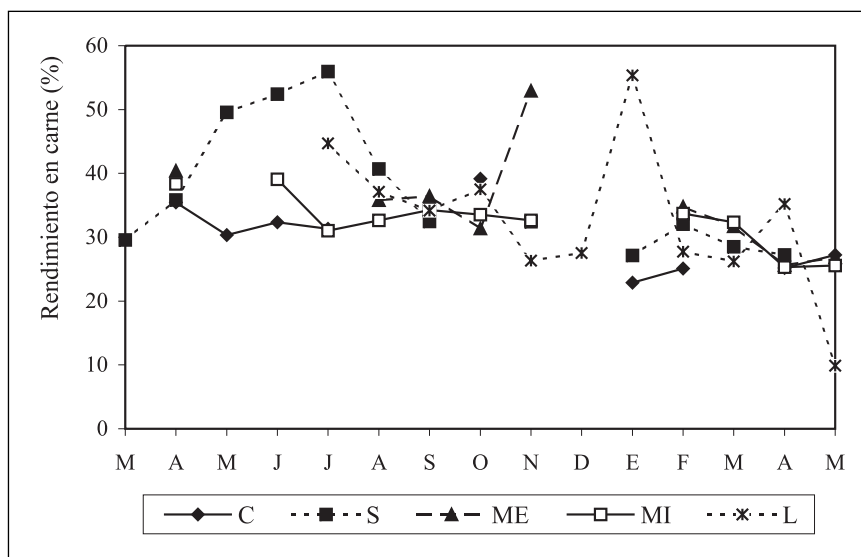
histológico del ciclo gametogénico. Se han procesado histológicamente 30 ejemplares con periodicidad mensual. Se tomaron muestras conteniendo manto, branquias y hepatopáncreas, que fueron deshidratadas e incluidas en parafina, siguiendo los protocolos habituales. Las preparaciones histológicas, de 5 µm de espesor, fueron teñidas con hematoxilina de Carazzi-eosina y VOF (Gutiérrez, 1967). Para el establecimiento del estadio de desarrollo gonadal, se siguió la escala propuesta por Lubet (1959). Solo se ha estudiado el ciclo gametogénico en las poblaciones de cultivo y en la población de Salobreña. Estas muestras fueron también utilizadas para la detección de parásitos.

En todos los casos se observan amplios periodos de puesta, con porcentajes máximos de ejemplares en emisión en marzo (Salobreña) y en abril, y con una emisión estival en la que participan menos individuos, uniéndose a esto una menor liberación de gametos, a tenor de los descensos de menor intensidad que se registran en los índices de condición en verano. Durante primavera y verano son frecuentes los estados de reconstrucción gonadal, mientras que en otoño se empiezan a detectar reabsorciones gonadales, haciéndose patente, en estos últimos, signos de atresia ovocitaria.

### Seguimiento de patologías

Las patologías pueden afectar a los cultivos disminuyendo la calidad de sus productos (bajos índices de condición, anomalías en las valvas) o incluso provocando mortandades masivas que conllevan pérdidas económicas muy importantes. Entre las posibles patologías descritas se conocen infecciones por virus y bacterias (Figuerras y Montes, 1988; Bower y Figueras, 1989), perforaciones de la concha ocasionadas por esponjas de la familia Clionidae, afecciones originadas por trematodos (Seed, 1976; Coustau *et al.*, 1990; Teia Dos Santos y Coimbra, 1995), mortalidades importantes y pérdidas de calidad comercial en mejillones europeos atribuidas al poliqueto *Polydora ciliata* (Johnston, 1838) (Lauckner, 1983) y presencia de dos especies de copépodos del género *Mytilicola*, cuyo papel es controvertido (Durfort *et al.*, 1982). De entre los protozoos, se

Figura 1. Rendimiento en carne de las distintas poblaciones estudiadas. (C): Carboneras; (S): Salobreña. (ME): muestra procedente de la cuerda control más próxima a la costa en la instalación de cultivo en líneas; (MI): muestra procedente de la cuerda control más alejada de la costa en la instalación de cultivo en líneas; (L): muestra procedente de la instalación de cultivo en bateas.



ha detectado *Steinhausia mytilovum* (Field, 1924) (Lauckner, 1983; Bower y Figueras, 1989) y la intervención de *Marteilia refringens* Grizel *et al.*, 1974 (Robledo *et al.*, 1992; Robledo y Figueras, 1995; Villalba *et al.*, 1993; Villalba, 1995), siempre acompañada de una fuerte respuesta hemocítica del hospedador. Se han detectado mortandades masivas de *M. edulis* en Canadá que podrían estar relacionadas con *Perkinsus marinus* (Mackin, H. M. Owen & Collier) Levine 1978, cuya presencia se ha descrito en otras especies de bivalvos.

La envergadura de este trabajo imposibilitaba el estudio detallado de todas las posibles patologías descritas por otros autores en mejillón, por lo que solo se pretende realizar una aproximación de aquéllas que originan algún tipo de malformación en la concha, y de las anomalías encontradas en la observación mediante microscopía óptica de cortes histológicos de los ejemplares destinados al estudio del ciclo reproductor.

La anomalía detectada con mayor frecuencia es la excavación en las valvas de canales por *P. ciliata*, habiéndose apreciado el tubo de salida y el alojamiento del poliqueto en el manto. Estos tubos no se han observado en ejemplares procedentes de la instalación de cultivo en bateas y Carboneras, mientras que la mayor incidencia se ha apreciado en los ejemplares de la línea de cultivo más cercana a la costa.

En relación con los restantes parásitos cuya presencia se ha citado en la literatura como presentes en mejillón, se ha detectado el copépodo

*Mytilicola intestinalis* Steuer, 1902 y se han encontrado igualmente numerosos ejemplares con reacciones hemocíticas y granulocitomas, pero no se ha identificado el agente causante de las mismas.

El protozoo *Steinhausia* spp. es más frecuente en las muestras de Salobreña, con 18 ejemplares afectados, seguido de los ejemplares cultivados en batea (14) y en último lugar los de cultivo en líneas (7). En Salobreña, más del 26 % de las hembras de octubre presentan este parásito, mientras que el porcentaje alcanza el 38 % de las hembras de agosto procedentes del cultivo en bateas y el 30 % de las hembras del mismo mes del cultivo desarrollado en líneas.

No se ha hallado el principal causante de mortandades masivas en las poblaciones gallegas, el protozoo *M. refringens*, aunque la detección de este parásito se realiza de forma más precisa mediante técnicas moleculares.

Por tanto, aunque los resultados son preliminares, las patologías detectadas no constituyen un problema serio a la hora de abordar el cultivo.

### Episodios tóxicos

El mejillón procedente de cultivos de las zonas de producción de moluscos bivalvos está sometido a las normativas sanitarias establecidas en nuestra comunidad, y así, desde 1994, la Consejería de Agricultura y Pesca realiza el Control Sanitario de las Zonas de Producción de Molus-

cos Bivalvos y Gasterópodos, Tunicados y Equinodermos del Litoral Andaluz.

Mediante este control se analiza tanto el agua, con el objetivo de vigilar la contaminación fecal y fitoplancton tóxico, como los moluscos, controlando su salubridad (niveles o presencia de coliformes fecales, salmonela, biotoxinas, metales pesados, compuestos órgano-halogenados y radionucleidos).

La incidencia de las mareas rojas en la miticultura ha sido puesta nuevamente de manifiesto en el estudio sobre identificación de riesgos ambientales para el cultivo de mejillón en Galicia (MAPA, 2002), y constituye un problema que se sufre desde hace años. Así, Pérez Camacho (1989), en 1986 reseña cierres de polígonos que se prolongan 125 días en las zonas más externas de la ría de Arousa. En 2002, la asociación de productores OPMEGA, indica que los cierres afectaron aproximadamente al 24 % de la capacidad teórica de producción (Labarta *et al.*, 2004).

Durante este estudio se ha recopilado información sobre los periodos de cierre de las dos instalaciones de cultivo, bien debidos a biotoxinas, bien a fenómenos microbiológicos. En la instalación de cultivo en líneas, desde principios de 2003 hasta el 30-10-2004, la toxicidad de moluscos por toxinas paralizantes ha sido la que ha condicionado la comercialización de mejillón en más ocasiones. En 2003 las ventas se vieron prohibidas por estas causas durante cinco meses completos, mientras que el cierre de las instalaciones fue parcial en dos. Hasta octubre de 2004, en términos generales, los episodios tóxicos han tenido la misma duración, si bien no han sido totalmente coincidentes en el tiempo.

A tenor de los datos de los dos últimos años se deduce, en primer lugar, que aunque los episodios son variables en intensidad y duración, la aparición más frecuente y duradera se registra desde finales de verano a finales de invierno, periodos en los que, en general se impide la comercialización de forma continuada, con algunas aperturas intermitentes. En segundo lugar, las toxinas paralizantes son la principal causa de prohibición de venta de la producción de esta instalación, seguida de la contaminación fecal y de la toxicidad por DSP, que pueden considerarse puntuales, apareciendo esta

última a principios de otoño en los dos años considerados.

La aparición de un episodio tóxico retrasó el inicio de la comercialización del mejillón procedente del cultivo en bateas desde noviembre, en que se tenía previsto iniciar las ventas, hasta finales de enero, en que remitió la toxicidad en los moluscos. Desde noviembre de 2003 a octubre de 2004 esta instalación se vio afectada por cierres totales durante cuatro meses, mientras que éstos fueron parciales en seis, si bien éstos últimos responden a fenómenos puntuales en junio y julio, no afectando de manera significativa a la comercialización.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio indican la idoneidad del litoral andaluz para el cultivo de esta especie. Los rendimientos en carne, tanto de las poblaciones cultivadas como de las poblaciones naturales, son satisfactorios, y el tiempo necesario para obtener mejillones procedentes de cultivo varía entre 8 y 10 meses dependiendo de la talla final deseada. Las patologías no constituyen, hasta el momento, un elemento preocupante en esta actividad, que si está fuertemente condicionada por la frecuencia y duración de mareas rojas.

En relación con la disponibilidad de semilla en el medio, las dos empresas que actualmente desarrollan su actividad se nutren de las semillas recogidas en cuerdas colectoras y de las tomadas de rocas del litoral andaluz; no obstante, se desconoce si la disponibilidad de semilla será suficiente para abastecer las demandas de nuevas empresas; es de destacar que el amplio periodo de puesta de las poblaciones, tanto de cultivo como naturales, se traduce en continuas fijaciones que conllevan un mayor número de desdobles en el proceso de cultivo. Actualmente se está desarrollando un proceso de cartografiado y cuantificación de semilla de mejillón en distintas zonas, en el que se comprobarán los periodos de máxima fijación y el efecto de la proximidad de instalaciones de cultivo. Si los resultados indicaran la insuficiencia de semilla en el litoral andaluz para abastecer los cultivos, tal vez cabría plantearse traer semillas de otros puntos de la



península, siempre y cuando éstas pasaran algún control que garantice que están libres de agentes que pudieran afectar a los cultivos y que actualmente no se ha detectado en el litoral andaluz, ya que, de acuerdo con los datos del estudio genético, no se alteraría la composición genética de estas poblaciones nativas, con las excepciones anteriormente mencionadas.

No se ha observado incidencia ambiental derivada de esta actividad; no obstante, hay que tener en cuenta que solo existen dos instalaciones en funcionamiento y que los datos obtenidos responden a momentos en los que la actividad era reciente. Se desconocen los efectos acumulativos que pudieran tener lugar.

En resumen, la frecuencia y duración de las proliferaciones de dinoflagelados tóxicos se presenta como el condicionante más fuerte a la hora de desarrollar este tipo de cultivo, si bien la incidencia de estos fenómenos en la comercialización no es superior a la que se produce en Galicia.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los trabajadores de las empresas de cultivo que, de una forma u otra, han colaborado para la obtención de las muestras: Pescados y Mariscos del Mar de La Línea, S.L., Cultivos Marinos de Andalucía, S. L., Azucarera del Guadalfeo y Piscifactoría Framar, y a todas aquellas personas que han colaborado en las distintas fases de este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bower, S. M. y A. J. Figueras. 1989. Infectious diseases of mussels, especially pertaining to mussel transplantation. *World Aquaculture* 20 (4): 89-93.
- Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.
- Coustau, C., I. Robbins, B. Delay, F. Renaud y M. Mathieu. 1990. The parasitic castration of the mussel *Mytilus edulis* by the trematode parasite *Proserhynchus squamatus*: specificity and partial characterization of endogenous and parasite-induced anti-mitotic activities. *Comp. Biochem. Physiol.* 104 A: 229-233.
- Crespo, C. A., T. García Caballero, A. Beiras y J. Espinosa. 1990. Evidence from sperm ultrastructure that the mussel of Galician estuaries is *Mytilus galloprovincialis* Lamarck. *J. Molluscan Stud.* 56: 127-128.
- Durfort, M., B. Bargalló, M. G. Bozzo, R. Fontarnau y J. López Campos. 1982. Altérations des ovocytes de *Mytilus edulis* L. (Mollusca, Bivalvia) dues à l'infestation de la molule par *Mytilicola intestinalis* Steuer. *Halio-tis* 10 (2): p. 163.
- Figueras, A. J. y J. Montes. 1988. Parasites and diseases of mussels (*Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis*) cultivated on rafts in Galicia (NW Spain). En: *Abstracts of the 3rd International Colloquium on Pathology in Marine Aquaculture* (2-6 de octubre, 1988. Gloucester Point, Virginia, EE UU). F. O. Perkins y T. C. Cheng (eds.): 95-96. Gloucester Point, Virginia, EE UU.
- Gutiérrez, M. 1967. Coloración histológica para ovarios de peces, crustáceos y moluscos. *Inv. Pesq.* 31 (2): 265-271.
- Hudson, R. 2000. A new statistic for detecting genetic differentiation. *Genetics* 155: 2011-2014.
- Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers. Nueva York: 654 pp.
- Labarta, U., M. J. Fernández Reiriz, A. Pérez Camacho y E. Pérez Corbacho. 2004. *Bateiros, mar, mejillón. Una perspectiva bioeconómica* (Serie Estudios Sectoriales). Fundación Caixa Galicia. A Coruña, España. 262 pp.
- Lauckner, G. 1983. Diseases of Mollusca: Bivalvia. En: *Diseases of Marine Animals*. O. Kinne (ed.) 2: 477-961. Biologische Anstalt Helgoland. Hamburgo, Alemania.
- Lowe, D. M., M. N. Moore y L. Bayne. 1982. Aspects of gametogenesis in the marine mussel *Mytilus edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 62: 133-145.
- Lubet, P. 1959. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilides et les Pectinides. *Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes* 23 (4): 388-545.
- Lucas, A. y P. Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalvia aquaculture. *Aquaculture* 44: 187-200.
- MAPA. 2002. *Estudio sobre identificación de riesgos ambientales para el cultivo del mejillón en Galicia*. Mundi-Prensa. Madrid: 134 pp.
- Martínez-Lage, A., A. Insua, M. J. Martínez Expósito y J. Méndez. 1992. Estudio comparativo entre una población de mejillón gallego y otra de mejillón mediterráneo. En: *Seminario Internacional do Mexillón* (Cuadernos da Área de Ciencias Mariñas. Publicacións do Seminario de Estudos Galegos) 6: 57-63. Edición do Castro. Sada (A Coruña), España.
- Nei, M. 1987. *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press. Nueva York: 512 pp.
- Nei, M. y L. Tajima. 1983. Maximum likelihood estimation of the number of nucleotide substitutions from restriction site data. *Genetics* 105: 207-217.
- Pérez Camacho, A. 1989. *Las mareas rojas y la acuicultura en Galicia* (Cuadernos da Área de Ciencias Mariñas. Seminario de Estudos Galegos) 4: 111-120. Edición do Castro. Sada (A Coruña), España.
- Pérez Camacho, A., U. Labarta y R. Beiras. 1995. Growth of mussels (*Mytilus edulis galloprovincialis*) on cultivation rafts: influence of seed source, cultivation site and phytoplankton availability. *Aquaculture* 138: 349-362.

- Pielou, E. C. 1969. *An introduction to mathematical ecology*. J. Wiley. Nueva York: 294 pp.
- Raymond, M. y F. Rousset. 1995. An exact test for population differentiation. *Evolution* 49: 1280-1283.
- Rice, R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution* 43: 223-225.
- Robledo, J. A. F., E. Bachere, V. Boulo, E. Mialhe, B. Novoa, M. M. Santarém, J. Cáceres y A. Figueras. 1992. *Marteilia* in *Mytilus edulis* L. and *Mytilus galloprovincialis* Lmk. Serological differences using monoclonal antibodies. Preliminary results. En: *5th International Colloquium on Pathology in Marine Aquaculture. Abstracts* (2-4 de abril, 1992. Montpellier, Francia.). C. P. Vivares (ed.): p. 74. BIOCIM. Montpellier, Francia.
- Robledo, J. A. F. y A. Figueras. 1995. The effects of culture-site, depth, season, and stock source on the prevalence of *Marteilia refringens* in cultured mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) from the French Atlantic coast. *Dis. Aquat. Org.* 23: 153-159.
- Rozas, J. y R. Rozas. 1999. DNAsp version 3: an integrated program for molecular population genetics and molecular evolution analysis. *Bioinformatics* 15: 174-175.
- Sanjuán, A., A. S. Comesaña y A. de Carlos. 1996. Macrogeographic differentiation by mtDNA restriction site analysis in the SW European *Mytilus galloprovincialis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 198: 89-100.
- Sanjuán, A., H. Quesada, C. Zapata y G. Alvarez. 1990. On the occurrence of *Mytilus galloprovincialis* Lmk. on the NW coast of the Iberian Peninsula. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 143: 1-14.
- Seed, R. 1976. Ecology. En: *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology*. B. L. Bayne (ed.): 13-65. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Seed, R. y T. H. Suchanek. 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. En: *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture*. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. E. Gosling (ed.) 25: 87-170. Elsevier. Amsterdam.
- Suchanek, T. H. 1985. Mussels and their role in structuring rocky shore communities. En: *The Ecology of Rocky Shores*. P. G. Moore and R. Seed (eds.): 70-96. Hoddes and Stoughton. Londres.
- Tamura, K. y M. Nei. 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in human and chimpanzees. *Mol. Biol. Evol.* 10: 512-526.
- Teia dos Santos, A. M. y J. Coimbra. 1995. Growth and production of raft-cultured *Mytilus edulis* L., in Ria de Aveiro: gonad symbiotic infestations. *Aquaculture* 132: 195-211.
- Villalba, A. 1995. *Estudio de la Marteiliasis del mejillón. Efectos de esta enfermedad en el mejillón cultivado en las rías gallegas*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (A Coruña), España: 139 pp.
- Villalba, A., S. G. Mourelle, M. C. López, M. J. Carballal y C. Azevedo. 1993. Study of marteiliasis affecting cultured mussels *Mytilus galloprovincialis* of Galicia (NW of Spain). I. Etiology, Phases or the infection, and temporal and spatial variability in prevalence. *Dis. Aquat. Org.* 16: 61-72.